

2023 年度年次報告書

複雑な流動・輸送現象の解明・予測・制御に向けた新しい流体科学

2023 年度採択研究代表者

沖野 真也

京都大学 大学院工学研究科

講師

熱と化学種が形成する密度成層乱流の新展開

研究成果の概要

熱(プラントル数 $Pr=7$)と塩分(シュミット数 $Sc=700$)によって形成される、熱塩成層流体における減衰乱流の直接数値計算を実施した。そのねらいは、温度の拡散スケール程度の小さなスケールで生じる二重拡散不安定性が、有限振幅攪乱の減衰に及ぼす影響を明らかにすることである。第一年次には、熱塩成層乱流の浮力比(R)と初期フルード数に対する依存性を調査した。浮力比が $0 < R < 1$ のとき、温度成層は不安定、塩分成層は安定であり、初期にポテンシャルエネルギーは顕著に増加する。一方、浮力比が $R > 1$ のとき、温度成層は安定、塩分成層は不安定であり、長時間後に鉛直方向に長く伸びた構造(ソルトフィンガー)が発達する。しかしながら、いずれの場合においても、運動エネルギーの減衰に関して浮力比依存性は小さいことが分かった。ただし、 R が 1 に近く、不安定性が強い場合にはその限りではない。また、初期フルード数が小さく、成層効果が強いほど、ソルトフィンガーの発達は速く、また小さなスケールで起こることが分かった。

さらに本研究では、熱塩成層流体中の乱流について、力学系理論の立場からもアプローチする。すなわち、乱流中に埋め込まれたナビエ・ストークス方程式の不変解によって、複雑な乱流状態を特徴づけることを目指す。第一年次には、線形安定性解析のプログラムとニュートン・クリロフ法による不変解(周期解)の求解プログラムを作成した。さらに、二次元周期境界領域におけるフィンガー型対流(ただし、簡単のため $Pr=1$, $Sc=7$ と設定)を対象とし、フィンガー型対流がかろうじて維持される程度に計算領域を狭めることによって、時間的に概ね周期的な運動を得ることに成功した。この運動はフィンガーの発達、蛇行、繋ぎかえからなり、フィンガー型対流の素過程に相当するものと期待される。今後、得られた周期的な運動をニュートン・クリロフ法の初期推定として用いることで、不変解を得ることを試みたい。